

Программа «Тектит-2008»: поиск кометных метеоритов в районе Тунгусской катастрофы

Е. В. Дмитриев

Астрономическое общество, г. Москва

Вот уже 81 год неприступной скалой стоит перед исследователями проблема Тунгусского метеорита. Основная загадка, которую метеорит задал науке, сегодня так же свежа и непорочна, как и в те далекие времена, когда ученик В.И. Вернадского – первый и непревзойденный исследователь Тунгусского метеорита – Л.А. Кулик в 1927 г. увидел потрясшую его до глубины души картину чудовищной катастрофы. Суть этой загадки большинство исследователей формулирует следующим образом: до сих пор не найдено ни одного миллиграмма вещества, которое можно было бы однозначно отождествить с веществом Тунгусского метеорита. Однако такая формулировка, по меньшей мере, некорректна, так как нам априори должен быть известен состав Тунгусского метеорита. Неудачи в поисках вещества могут быть в трех случаях.

Во-первых, если известное науке метеоритное вещество полностью испарилось в атмосфере и не достигло поверхности. Во-вторых, если метеорит состоял из неизвестного науке вещества. В-третьих, если метеорит состоял из известного науке вещества, но состав этого вещества не укладывается в современные представления о природе малых тел Солнечной системы.

В первых двух случаях проблема может быть решена только после проведения прямых исследований малых тел Солнечной системы, в третьем – потребуется пересмотр общепринятых представлений о природе некоторых популяций малых тел Солнечной системы, к которым принадлежал Тунгусский метеорит.

В связи с этим весьма важным представляется основной вывод меморандума Н. В. Васильева, наиболее известного после Л.А. Кулика исследователя Тунгусского метеорита: «Думаю, что вы хорошо понимаете: будучи кадровым работником, я отдаю себе отчет о мере ответственности за сказанное. Но сказать надо. Работая в проблеме 40 лет, прихожу к заключению, что в прокрустово ложе классических представлений о малых телах Солнечной системы Тунгусский метеорит упорно не лезет» [Васильев, 1999].

В целях решения ключевой проблемы Тунгусского метеорита по поиску возможного выпавшего вещества была составлена программа «Тектит-98» [Дмитриев, 2000], в которой дано обоснование о наличии в районе катастрофы кометных осколков. Несмотря на то, что работы по программе

проводились в минимальном объеме, все же был получен ряд данных, подтверждающих кометную природу Тунгусского метеорита [Дмитриев, 2006а].

Свое название «Тектит» программа получила потому, что тектиты были первыми земными объектами, которые исследователи связали с кометами [Dauviller A., 1964]. В дальнейшем эта идея стала развиваться [Изох Э.П., Ле Дык Ан, 1983], и теперь, благодаря исследованиям т.н. псевдометеоритов, выявлен внушительный перечень кометных метеоритов, и даже составлена их классификация, при этом оказалось, что сам Тунгусский метеорит был не чем иным, как обломком ядра эруптивной кометы [Дмитриев, 2006а]. В настоящей программе учтен опыт проведенных полевых работ и дальнейших теоретических разработок.

О кометных метеоритах

На Землю падают метеориты. По хорошо обоснованной гипотезе они считаются осколками астероидов, обращающихся между орбитами Марса и Юпитера. Однако на Землю падают еще объекты, по своим свойствам не вписывающиеся в прокрустово ложе традиционной метеоритики. По этой причине, несмотря на непрекращаемые факты падения, метеоритами они не признаются, и называются *псевдометеоритами*. В основном это продукты глубокой дифференциации вещества – стекло, шлаки, пемзы.

Проводимые автором в течение 20 лет исследования выпавших на Землю псевдометеоритов (11 падений и 6 находок), а также тектитов показали, что они по химическому и минеральному составу, по природе происхождения, по механизмам разрушения в атмосфере и выпадению осколков слишком резко отличаются от общеизвестных метеоритов. В результате были сделаны выводы о том, что исследованные объекты *происходят из комет*, имеющих эруптивную природу происхождения, и являются образцами пород кометоизвергающих небесных тел, расположенных в системах планет гигантов. Одновременно было показано, что тектиты образуются в результате ударов молний по этим породам, с одновременным появлением менее проплавленных стекол – субтектитов, представляющих собой шлаки и пемзы [Дмитриев, 1999]. Другими словами, тектиты и субтектиты являются внеземными фульгуритами. Также обнаружена удивительная близость к земным осадочным изверженным породам валового состава тугоплавкой составляющей кометных ядер [Дмитриев, 2006а]. Кроме того, недавно была установлена близость изотопного состава кометы Хейла – Боппа и Земли, а химический состав упавшего метеорита в Австралии в 1969 г. оказался чрезвычайно схож с составом земного грунта [Гнедин, 1999]. Появление тектитов на Земле объясняется их выпадением из взрывающихся в атмосфере, подобно Тунгусскому метеориту, кометных обломков [Дмитриев, 1998а]. Одновременно была предложена новая модель кометного ядра, как *ком*

смерзшегося аэрозоля, которая позволяет представить, каким образом извергаемое в струе диспергированное вещество конденсируется в крупное дискретное тело и хорошо объясняет происхождение наблюдаемых форм кометных ядер [Дмитриев, 2006а].

По химическому составу исследованных объектов составлена их классификация по главным элементам Si, Al, Fe, Ca, Na, K, S и C [Дмитриев, 2006а]. В представленные классы сведены образцы, имеющие повышенные концентрации этих элементов, при малых колебаниях составов по другим элементам. Во всех исследованных образцах наблюдается преобладание K_2O над Na_2O , что является характерной особенностью для большинства кометных метеоритов, включая тектиты. Вся сложность идентификации кометных метеоритов состоит в том, что они мало отличаются от земных пород и не содержат признаков воздействия на них факторов космического пространства. Эту особенность можно объяснить молодостью комет и экранировкой метеоритов от космических лучей толщей смерзшегося аэрозоля. Ниже представлен перечень возможных находок, которые, согласно проведенным исследованиям, могут быть причислены к кометным осколкам: стекловидные объекты, в том числе тектиты и субтектиты; родоначальные породы тектитов и субтектитов (песчаники и глины любых типов, включая обожженные экземпляры); изверженные породы с высоким содержанием железа и серы; железо и его сплавы; углеродосодержащие объекты (битуминизированные породы, графит).

Еще был твердо установлен факт присутствия выпавшей кометной пыли, а также в некоторых кометных метеоритах стекловидных образований – стримергласов, которые из-за своей специфической морфологии легко диагностируются в пробах грунта, взятых в районе падения. По этой причине предложено использовать их в качестве кометных маркеров. Стримергласы представляют собой практически чистую кремнекислоту. Высокая температура плавления кремнекислоты и малые размеры позволяют этим частицам сохранить свои первичные формы даже при импактах и атмосферных взрывах крупных метеороидов, например Тунгусского метеорита. Наличие кометных маркеров в почвах района Тунгусской катастрофы является важным, но еще недостаточным звеном в цепи доказательств кометной природы метеороида. Окончательную точку в этом вопросе можно поставить только после обнаружения его осколков.

По проведенным исследованиям опубликовано около 40 научных и научно-популярных статей, с ними можно познакомиться на сайте казахского ученого К.А. Хайдарова, который любезно выделил автору отдельную страничку – <http://bourabai.kz/dmitriev/index.htm>.

В результате исследований проб грунта, взятых в районе катастрофы, был твердо установлен факт массированного выпадения кометной пыли на

эпицентр катастрофы, на что указывает присутствие в почвах большого количества кометных маркеров. Таким образом, были получены вещественные доказательства кометной природы Тунгусского метеорита [Дмитриев, 2006б]. Основная масса кометных маркеров (благодаря процессам осадко-накопления и фильтрационных свойств почв) сейчас находится на глубине грунта 0–6 см в лесных массивах. Средняя плотность стримергласов для верхнего слоя грунта 10 см составила 160 шт./см² на предметном стекле микроскопа, максимальное – 800 шт./см² (один точечный замер дал значение 1800 шт./см²), минимальная – всего 6 шт./см². Кроме того, были выявлены некоторые особенности выпадения кометной пыли на местность. Несмотря на ограниченное число проб, обнаружена тенденция возрастания плотности пыли в направлении эпицентра катастрофы, а также ее мозаичность, вплоть до наличия «ураганных проб». На расстоянии 11 км от эпицентра, возле реки Хушмы, плотность стримергласов уже составила 9 шт./см², а возле поселка Ванавара (65 км от эпицентра) – всего 1 шт./см².

Однако сразу возникает вопрос, каким образом кометная пыль выпала в эпицентре, а не была вынесена в стратосферу восходящими потоками горячего воздуха, нагретого взрывом метеороида? Поиск ответа на этот вопрос позволил выявить **новый поражающий фактор Тунгусского метеорита – болидный поток раскаленного аэрозоля** (некий аналог пирокластического потока) [Дмитриев, 2008], что подтвердило главный вердикт Л.А. Кулика: *«Струею огненной из раскаленных газов и холодных тел метеорит ударил в котловину с ее холмами, тундрой и болотами»*.

С учетом ранее проведенного И.Т. Зоткиным астрономического анализа полета болида можно полагать, что Тунгусский метеороид являлся крупным фрагментом обильного дневного метеорного потока β-Таурид (ветвь крупного кометно-метеорного комплекса короткопериодической кометы Энке, семейства Юпитера) [Зоткин, 1969], причем сам метеороид имел эруптивную природу происхождения [Дмитриев, 1998в].

Кандидаты в тунгускиты

В научной и популярной литературе постоянно тиражируется информация, что до сих пор ни одного миллиграмма Тунгусского метеорита не найдено. Однако, по мнению автора, начиная со времен Л.А. Кулика, кометные осколки и частицы регулярно находили, но по своим характеристикам они не вписывались в прокрустово ложе классической метеоритики и поэтому не привлекли внимание исследователей. Можно привести внушительный перечень публикаций, в которых описаны находки стекол, шлаков, остроугольных и остроосколочных частиц, которые, скорее всего, имеют самое прямое отношение к Тунгусскому метеориту [Будаева, Дорошин, 2000; Голенецкий, Степанчук, 1983; Дмитриев, 2003б; Долгов и др., 1973; Кулик, 1939; Кирова, Заславская, 1966; Сальникова, 2000; Glass, 1969] и т.п. Так, например, из письма А.Л. Кулика

члену Географического общества И.М. Сулову (обнаружено Ю.Л. Кандыбой в марте 1991 г., архив КМЕТ): «... И еще последнее. Это – сенсация. Нужно быть осторожным, но мне нельзя удержаться от того, чтобы не сказать об этом тебе. В последнюю минуту перед отъездом на Ванавару по вызову Сибторга рабочие подняли с привезенном с Суловской воронки кусочек стекловатого шлака. Это первая ласточка, факт, требующий еще проверки, но, тем не менее, он произвел на нас огромное впечатление. Ты понимаешь почему!»

Данные по составу некоторых найденных объектов показывают, что они вполне могут считаться кометными метеоритами, согласно предложенной классификации [Дмитриев, 2006a]. По этой причине, в первую очередь, нужно провести тотальную ревизию находок в районе Тунгусской катастрофы на предмет их принадлежности к кометным метеоритам. Предлагается по аналогии с названиями кометных метеоритов – тектитов (молдавиты, австралиты, индошиниты, яваниты и т.д.) называть осколки Тунгусского метеорита – *тунгускитами*.

Прежде чем приступить к разработке методики поиска кометных метеоритов, рассмотрим особенности разрушения кометных обломков в атмосфере Земли.

Некоторые особенности разрушения кометных метеороидов в атмосфере

Известно огромное количество наблюдений болидов, включая те, что были зафиксированы специальными болидными сетями США, Канады и Европы, но только в редких случаях они заканчивались выпадением метеоритов. Этот факт может означать, что в атмосферу Земли чаще всего вторгаются метеороиды, резко отличающиеся по своим механическим свойствам от железных и каменных метеоритов. Автор считает, что такие особенности болидов связаны с вторжением в атмосферу кометных обломков. Но тогда их физика входит в серьезное противоречие с ледяной моделью Ф. Уиппла. Такие метеороиды не могут быть ледяными, так как их поверхность даже на радиусе земной орбиты нагревается Солнцем до температуры порядка $+120^{\circ}\text{C}$, что неизбежно должно привести к полной сублимации льда и последующему рассеянию пылевых включений вдоль кометной орбиты. Все эти несоответствия поведения болидов полностью снимает новая модель кометного ядра [Дмитриев, 2006a]. Согласно этой модели оно представляет собой ком смерзшегося аэрозоля, состоящего из водного льда, смерзшихся газов и большого количества пыли, обломков различных пород и фульгуритов.

Вполне естественно полагать, что такой фрагмент при торможении в атмосфере будет в значительной степени диспергирован и на заключительном участке траектории превратится в болидное облако аэрозоля [Дмитриев, 2008]. В итоге на Землю выпадет «сухой остаток» кометы, включая ее тугоплавкую пылевую составляющую. Сухой остаток представляет собой рой наиболее

прочных фрагментов кометного ядра – тектитов, субтектитов и фрагменты различных пород. При падении на землю они разбиваются и образуют локальные россыпи небольших осколков. Такой подход также хорошо объясняет появление групповых захоронений тектитов на их полях рассеяния [Изох Э.П., Ле Дык Ан, 1983] и групповые находки кометных метеоритов под конечными участками траекторий взорвавшихся болидов [Дмитриев, 2006а].

Исследование воронок (округлых депрессий) и двух локальных центров падения крупных обломков в Южном болоте

Описано много случаев, когда после пролета болида на земле обнаруживались воронки. Однако ни в самих воронках, ни в зонах разлета материала никаких метеоритов не находили. В свете развиваемой концепции можно предположить, что воронки образовали кометные метеориты, представляющие собой обломки смерзшихся пород. Такой обломок мог обладать высокой прочностью, соизмеримой с прочностью мерзлого грунта, что позволило ему достичь земли. При ударе о грунт метеорит полностью разрушался, а его материал рассеивался, но так как состав обломков мало отличается от состава грунта, то этим можно объяснить отсутствие находок метеоритов. Однако Л.А. Кулик в своих статьях постоянно обращал внимание на свежесть воронок. В свете изложенного можно предположить, что и здесь падали подобные метеориты. Следы их падения, как на фотопленке, проявились на торфяниках. При ударе был нарушен верхний теплозащитный слой торфа, после чего началось оттаивание подстилающих слоев вечной мерзлоты, что привело к значительному увеличению размеров воронок.

Неудачный, даже трагический опыт исследования Сусловской воронки не может отрицать ее метеоритное образование, несмотря на обнаруженный в ней пень, приведший Кулика в смятение. Если бы воронка действительно имела термокарстовое происхождение, как утверждают скептики, то пень давно бы сгнил! Однако находка в борту воронки куса оплавленного пузыристого стекла дает веское основание полагать, что Суловская, да и другие воронки все же имеют ударное происхождение.

Отличительная особенность строения ядер эруптивных комет – малое количество в них консолидированных тел – кометных метеоритов, они являются включениями и имеют неоднородный состав. Поэтому находка кометного метеорита вовсе не говорит о составе вещества кометы в целом, а оплавленное стекло Суловской воронки было включением в упавшем коме. Отсюда следует, что чем крупнее будет этот ком, тем больше вероятность обнаружения на месте его падения консолидированных тел.

Два центра падения крупных обломков кометы в Южном болоте Л.А. Кулик обнаружил по характерным признакам локального вывала леса. В последующих экспедициях он провел бурение дна и обнаружил, что в этих

центрах произошло нарушение естественного чередования слоев донных отложений [Кулик, 1939]. К сожалению, до сих пор исследования этих центров на предмет обнаружения осколков метеорита не проводилось. Теперь, когда под эти падения подведена теоретическая база, появляется острая необходимость их детальных исследований.

Исследования центров падения и воронок (в зависимости от объема финансирования) можно вести разными методами. Наиболее удобным представляется бурение дна на глубину порядка 0,5 м с последующим изучением керна. Диаметр бура должен быть от 20 см, частота точек бурения определяется на месте. Лучшее время для проведения работ – ранняя весна: большая толщина ледового покрова, отсутствие гнуса, яркое весеннее Солнце, невысокая температура воздуха и возможность жить в избах Кулика, позволят вести работы в довольно комфортных условиях. Полученные керны помещать в полиэтиленовые мешки и складировать, а после установления положительных суточных температур можно приступить к изучению содержимого. Такие же исследования можно провести и в Клюквенной воронке. Если в кернах наряду с кометными метеоритами будут обнаружены голубоватые пузыристые стекла, то это позволит установить приоритет Кулика еще и в первой находке осколка Тунгусского метеорита. Эти же работы можно проводить и летом, с деревянных настилов и плотов.

Свободный поиск кометных осколков и сильно запыленных зон кометной пылью

Для выявления характера действия болидного потока аэрозоля на местность и распределения плотностей выпавшей там кометной пыли необходимо снять в эпицентре катастрофы густую сетку поверхностных проб грунта на глубину 10 см в круге радиусом 7 км и исследовать пробы на наличие кометных маркеров – стримергласов по методике [Дмитриев, 2001]. Пробы брать в лесных массивах. Поиск кометных осколков и частиц миллиметровых размеров лучше всего вести на площадях, где преобладают ураганные пробы. Для поиска россыпей небольших осколков хорошо зарекомендовал себя щуп-«тектитоискатель» [Дмитриев, 2000]. С его помощью нужно частым шагом прощупывать небольшие воронки в местах с малой толщиной мохового покрова, а лесных массивах – кочки, расположенные группами. Для тех же целей можно пользоваться методикой Г.А. Сальниковой, разработанной для поиска кометных стекол [Сальникова, 2000а, 2000б], а также программой «Тектит-98» [Дмитриев, 2000].

Определение направления болидного потока аэрозоля

Односторонний ожог стояков, замеченный Л.А. Куликом [Кандыба, 1998], указывает, что они подверглись интенсивному обдуву горячими болидными струями аэрозоля и стали естественными препятствиями на пути полета его

частиц. Образно говоря, стояки были «отпескоструены» горячей струей аэрозоля, благодаря чему частицы могли внедриться в кору деревьев. Какая при этом была скорость струи, сказать пока затруднительно, однако ее динамического напора не хватило для повала стояков. В дальнейшем атмосферными осадками и вместе с отгнившей корой кометная пыль «спустилась» к комлям деревьев.

Таким образом, эти молчаливые свидетели катастрофы могут многое рассказать исследователям о постигшей их беде, а главное – ответить, была ли вообще струя аэрозоля и что из себя представляла ее пылевая составляющая. Предложенный механизм оседания пыли на стояках можно проверить довольно простым способом: взять 4 пробы грунта непосредственно возле комля стояков, по возможности равномерно распределенных по сторонам света, объемом по 100 мл на глубину 10 см. Пробы исследовать на предмет обнаружения в них кометных частиц. Можно ожидать, что их плотность с ожоговой стороны должна быть существенно выше, чем с противоположной. Если это предсказание подтвердится, то гипотеза Кулика об «огненной струе» окажется состоятельной.

Исследования муравейников

Идея привлечь муравьев к поиску частиц Тунгусского метеорита возникла давно [Дмитриев, 1998б]. Использовалась одна особенность их поведения. Дело в том, что муравьи имеют склонность находить и транспортировать в свои жилища разного рода блестящие и железосодержащие частицы [Бакшт, 1990, Мариковский, 1969], что дает определенную надежду на обнаружение в муравейниках частиц предполагаемого кометного вещества. Зона кормления муравейника – около 30 соток, что резко увеличивает вероятность заноса муравьями в гнездо миллиметровых частиц разбившихся на этой площади кометных осколков. Из приведенного выше сценария разрушения Тунгусского метеорита следует, что в эпицентре катастрофы выпадали в основном крупные фрагменты и мелкодисперсное вещество болидной струи. А вот небольшие метеориты должны выпасть под траекторией полета болида на расстояниях в первые десятки километров, там, а также в зонах с повышенной концентрацией выпавшей кометной пыли, и следует брать пробы из муравейников по методике, изложенной в программе «Тектит-98» [Дмитриев, 2000]. Однако, как показал опыт, эффективность проведения этих исследований можно существенно повысить, если пробы на месте отмывать от растительного мусора, вследствие чего выбор муравейников будет определяться приемлемым расстоянием до источников воды.

Поиск высококалийевых кометных пемз

К настоящему времени известны 3 случая падения кометных пемз с высоким содержанием K_2O [Дмитриев, 2003а]. В 2007 г. аналогичные пемзы были

обнаружены ООНИО «Космопоиск» под конечной траекторией Алтайского болида 2007 г. [Дмитренко, 2007]. Таким образом, можно констатировать, что падение высококалиевых пемз в составе кометных обломков является рядовым событием. В связи с этим наличие открытого водного пространства в Южном болоте предоставляет уникальную возможность для обнаружения кометных пемз. Так как часть пемз имеет плотность меньше 1 г/см^3 , то после своего выпадения на водную поверхность они ветром могли быть прибиты к какому-нибудь берегу, а также отложиться в устье ручья Чургим, вытекающего из Южного болота. Как только будут обнаружены образцы высококалиевых кометных пемз, а это будет же *пятый* случай их падения, то уже однозначно можно утверждать, что *Тунгусский метеорит являлся обломком ядра эруптивной кометы*.

Список литературы

1. Анфиногенов, Д.Ф. О поисках слабоизмененного вещества Тунгусского метеорита / Д.Ф. Анфиногенов, Л.И. Будаева, И.К. Дорошин // Тунгусский вестник. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2000. – № 12. – С. 61–62.
2. Бакшт, Ф.Б. Магнитные муравейники / Ф.Б. Бакшт // Природа. – 1990. – № 7. – С. 60–63.
3. Васильев, Н.В. Меморандум / Н.В. Васильев // Тунгусский вестник. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1999. – № 10. – С. 7–16.
4. Гнедин Ю.Н. Астрономические наблюдения кометы века: новые неожиданные результаты Ю.Н. Гнедин // Соревский общеобразовательный журнал. – 1999. – № 6. – С. 82–899.
5. Голенецкий, С.П. Кометное вещество на Земле / С.П. Голенецкий, В.В. Степанчук // Метеоритные и метеорные исследования. – Новосибирск : Наука, 1983. – С. 99–122.
6. Дмитренко, Т. Алтайский метеорит. Ключ к разгадке Тунгусской катастрофы / Т. Дмитренко // Свободный курс. – 2007. – 28 июля (Алтай пресс).
7. Дмитриев, Е.В. Появление тектитов на Земле / Е.В. Дмитриев // Природа. – 1998а. – № 4. – С. 17–25.
8. Дмитриев, Е.В. Тунгусский метеорит: вся надежда на муравьев / Е.В. Дмитриев // Звездочет. – 1998б. – № 5. – С. 5.
9. Дмитриев, Е.В. Об эруптивной природе Тунгусского метеорита / Е.В. Дмитриев // 90 лет Тунгусской проблеме: Тез. докл. на юбилейной междунар. науч. конф. – Красноярск – Ванавара, 1998. – С. 18.
10. Дмитриев, Е.В. Субтектиты и происхождение тектитов / Е.В. Дмитриев // Околоземная астрономия и проблемы изучения малых тел Солнечной системы: тез. докл. – Обнинск, 1999. – С. 38–39.

- 11.Дмитриев, Е.В. Программа «Тектит-98»: поиск вещества и фрагментов Тунгусского метеорита / Е.В. Дмитриев // Тунгусский сборник (2-я ред.). – М. : МГДТДиУ, 2000. – С. 31–38.
- 12.Дмитриев, Е.В. Методика обнаружения выпавшего на Землю вещества эруптивных комет / Е.В. Дмитриев // Околоземная астрономия XXI века. – М. : ГЕОС, 2001а. – С. 314–321.
- 13.Дмитриев, Е.В. Кометные высококалийные пемзы и их возможная связь с Тунгусским метеоритом / Е.В. Дмитриев // 95 лет Тунгусской проблеме, 1908–2003: тез. докл. Юбилейной научной конференции под ред. С.С.Григоряна. Москва, ГАИШ МГУ, 24-25 июня 2003 г. – М. : Изд-во МГУ, 2003а. – С. 33–35.
- 14.Дмитриев, Е.В. Программа «Тектит»: положено начало находкам частиц Тунгусского метеорита / Е.В. Дмитриев // 95 лет Тунгусской проблеме, 1908–2003: тез. докл. юбилейной научной конференции под ред. С.С. Григоряна. Москва, ГАИШ МГУ, 24–25 июня 2003 г. – М. : Изд-во МГУ, 2003а. – С. 35–38.
- 15.Дмитриев, Е.В. Кометная метеоритика и природа комет / Е.В. Дмитриев // Околоземная астрономия – 2005: сборник трудов конференции. – Казань, 2006а. – С. 62–74.
- 16.Дмитриев, Е.В. Посмертный выдох огнедышащего дракона (К столетию Тунгусского метеорита) / Е.В. Дмитриев // Техника–молодежи. – 2006б. – № 4. – С. 38–41; № 5. – С. 16–19.
- 17.Дмитриев, Е.В. Болидный поток раскаленного аэрозоля – новый поражающий фактор, сопровождающий падение кометного обломка / Е.В. Дмитриев // Околоземная астрономия – 2007. – Нальчик : Изд. М. и В. Котляровы, 2008. – С. 100–104.
- 18.Долгов, Ю.А. Состав микросферул из торфов района падения Тунгусского метеорита / Ю.А. Долгов, Н.В. Васильев, Н.А. Шугурова, Ю.Г. Лаврентьев, Гришин, Ю.А. Львов // Метеоритика. – 1973. – С. 147–149.
- 19.Зоткин, И.Т. Аномальные сумерки, связанные с Тунгусским метеоритом / И.Т. Зоткин // Метеоритика. – 1969. – Вып. 29. – С. 170–176.
- 20.Изох, Э.П. Тектиты Вьетнама. Гипотеза кометной транспортировки / Э.П. Изох, Ле Дых Ан // Метеоритика. – 1983. – Вып. 42. – С. 158–169.
- 21.Кандыба, Ю. Трагедия Тунгусского метеорита Ю. Кандыба. – Красноярск : Изд-во Сибирского общественно-государственного фонда «Тунгусский космический феномен», 1998. – 415 с.
- 22.Кулик, Л.А. Данные по Тунгусскому метеориту к 1939 г. / Л.А. Кулик // ДАН. – 1939. – XXII. – № 8. – С. 520–524.
- 23.Кирова, О.А. Некоторые данные о распыленном веществе из района падения Тунгусского метеорита / О.А. Кирова, Н.И. Заславская // Метеоритика. – Вып. XXVI. – 1966. – С. 119–127.

24. Мариковский, П.М. Маленькие труженики леса / П.М. Мариковский – Красноярск, 1969.
25. Сальникова, Г.А. О новой методике поиска вещественных следов Тунгусской катастрофы / Г.А. Сальникова // Тунгусский сборник (Юбилейный выпуск). – М: Изд-во МГДТДЮ, 2000а. – С. 50–55.
26. Сальникова, Г.А. О поиске материала в районе Тунгусской катастрофы / Г.А. Сальникова // Тунгусский вестник. – Томск: Изд-во ТГУ, 2000б. – № 11. – С. 15–20.
27. Dauviller, A. Sur l'origin cosmique des tektites / A. Dauviller. // Comt. rend. Acad. sci. – Paris, 1964. – V. 258. – № 1964.
28. Glass, B.P. Silicate spherules from Tunguska impact area / B.P. Glass // Science. – 1969. – 164, 3879.